CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION
КОСТЕ РАЦИНА 16б, 11000 БЕОГРАД
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324,
web site: www.sicip.co.rs

2/3-1.37.2.1 НАСЛОВНА СТРАНА

2/3 ПРОЈЕКАТ ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА

Инвеститор:	„Инфраструктура Железнице Србије“ а.д. Немањина 6/4, Београд
Наручилац:	Конзорцијум фирми: China Railway International Corporation Ltd. China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
Објекат:	Пруга Београд – Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА),** у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	**ПГД-** Пројекат за грађевинску дозволу
Назив и ознака дела пројекта:	**2/3-1.37.2 Денивелација ГС Косовска улица – надвожњак и подвожњак на км 177+857.12 пруге - пројекат коловозне конструкције**
За грађење / извођење радова:	Нова градња
Пројектант:	China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd Косте Рацина 16б 11000 Београд, Србија
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: 耿欣 (Генг Ксин)
Потпис:	XIN GENG Digitally signed by XIN GENG DN: c=CN, 2.5.4.97=MB:RS-29507694, 2.5.4.97=VATRS-110796671, o=CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BE, serialNumber=CA:RS-44102, serialNumber=PASCN-PE2112022, sn=GENG, givenName=XIN, cn=XIN GENG Date: 2021.07.20 15:25:17 +02'00'
Одговорни пројектант:	Бојан Ратковић, дипл. грађ. инж. Лиценца број: 315 И00636 19
Потпис:	Bojan Ratković Digitally signed by Bojan Ratković DN: c=RS, serialNumber=CA:RS-28122, serialNumber=PNORS-12039837101 68, sn=Ratković, givenName=Bojan, cn=Bojan Ratković Date: 2021.07.20 15:24:59 +02'00'
Број дела пројекта:	2020-001-ГС-2/3-1.37.2
Место и датум:	Београд, април 2021.

CeS.TRA

ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ

2/3.1.37.2 ДЕНИВЕЛАЦИЈА ГС КОСОВСКА УЛИЦА – НАДВОЖЊАК И ПОДВОЖЊАК НА КМ 177+857.12 ПРУГЕ – ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Објекта: Пруга Београд - Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, на основу Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС” бр. 72/09, 81/09 – исправка, 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 – одлука УС, 50/13 – одлука УС, 98/13 – одлука УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. Закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (“Службени гласник РС”, бр. 73/2019), извршена је техничка контрола предметне документације, од стране предузећа CESTRA d.o.o. Београд.

ПРОЈЕКАТ СЕ ПРИХВАТА

Вршилац техничке контроле: CESTRA d.o.o,
Макензијева 57, Београд

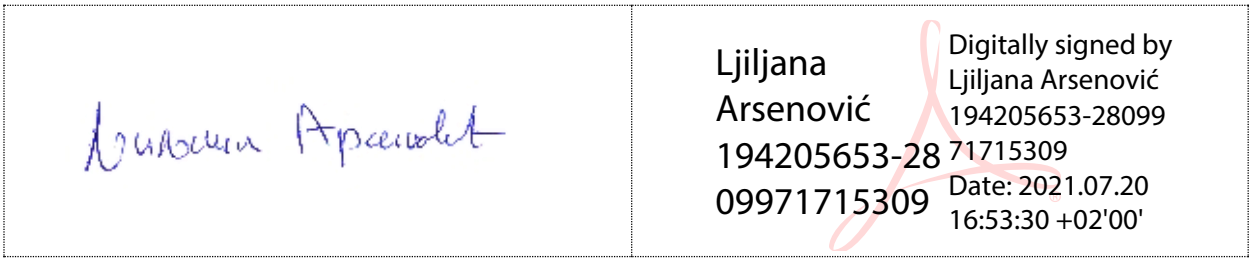
Број лиценце: 351-02-03374/2020-09 од 18.03.2021.

Одговорно лице/Заступник: Директор:
Драган Милић, дипл.грађ.инж.

Потпис:

Вршилац техничке контроле: Љиљана Арсеновић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 315 D173 06

Потпис:



Број техничке документације: A10312-61/21

Место и датум: Београд, 2021.

2/3-1.37.2.2 САДРЖАЈ

2/3-1.37.2.1.	Насловна страна
2/3-1.37.2.2	Садржај
2/3-1.37.2.3	Решење о одређивању одговорног пројектанта
2/3-1.37.2.4	Изјава одговорног пројектанта
2/3-1.37.2.5	Текстуална документација
2/3-1.37.2.5.1	Пројекат коловозне конструкције

2/3-1.37.2.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу члана 128а, Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13-одлука УС, 50/13-одлука УС, 98/13- одлука УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

О Д Г О В О Р Н И П Р О Ј Е К Т А Н Т

за израду **ПРОЈЕКТА ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА - 2/3-1.37.2 Денивелација ГС Косовска улица - надвожњак и подвожњак на км 177+857.12 пруге - пројекат коловозне конструкције**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, одређује се:

Бојан Ратковић, дипл.грађ.инж. _____315 И00636 19

Пројектант:	CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD, Косте Рацина 16б
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Генг Ксин, дипл.инж.
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/3-1.37.2
Место и датум:	Београд, април 2021.

2/3-1.37.2.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

Одговорни пројектант пројекта **2/3-1.37.2 Денивелација ГС Косовска улица – надвожњак и подвожњак на км 177+857.22 пруге- пројекат коловозне конструкције**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци:

Бојан Ратковић, дипл. грађ.инж.

И З Ј А В Љ У Ј Е М

1. да је пројекат у свему у складу са издатим Локацијским условима:

-Бр.:ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 06.04.2020,

-Бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 07.04.2020 - Решење о исправци грешке,

-Бр.:ROP-MSGI-7141-LOC-1/2020, заводни број: 350-02-00109/2020-14 од 08.05.2020,

-Бр.:ROP-MSGI-931-LOCA-3/2020 Заводни број: 350-02-00192/2020-14 од 29.05.2020, издатим у МГСИ,

2. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке,

3. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Одговорни пројектант:	Бојан Ратковић, дипл. инж. грађ
Број лиценце:	315 И00636 19
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/3-1.37.2
Место и датум:	Београд, април 2021.

2/3-1.37.2.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/3-1.37.2.5.1ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

САДРЖАЈ

1. ОПИС ПРОБЛЕМА И ЦИЉ АНАЛИЗЕ 1
2. МЕТОДОЛОГИЈА 1
3. ЗАХТЕВИ ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА 2
4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ 2
5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 3
5.1 Геотехничке карактеристике терена 3
5.2 Хидрогеолошка својства терена 3
5.3 Препоруке за обраду подтла 4
5.4 Анализа решења са употребом геотекстила (нетканог) 5
5.5 Земљани труп (насип/постељица) - расположиви материјали и носивост 6
5.6 Анализа саобраћајног оптерећења 6
5.7 Климатски и хидролошки услови 7
6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 8
6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза 9
6.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина 9
6.3 Подлога од дробљеног каменог агрегата 9
6.4 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева 10
6.5 Дефинисање прелиминарних решења 11
7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ 12
7.1 Анализа коловозне конструкције са аспекта дубине продирања мраза 15
8. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ 17

1. ОПИС ПРОБЛЕМА И ЦИЉ АНАЛИЗЕ

ГП "CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA" Огранак Београд је као један од Извођача радова на реконструкцији и изградњи двоколосечне пруге Београд-Будимпешта (Коридор Xb). Пруга Београд-Суботица-државна граница (Келебија), представља део пруге Београд-Будимпешта на територији Републике Србије.

Планираном реконструкцијом пруге, а у складу са рангом пруге и важећим прописима (реконструкцијом, модернизацијом и изградњом двоколосечне пруге за брзину до 200 km/h), неопходно је извршити раздвајање друмског и железничког саобраћаја у зони укрштаја ван нивоа коловосека, изградњом објекта друмске денивелације (надвожњака и подво), у циљу обезбеђивања саобраћајне безбедности свих учесника у саобраћају.

Таквим приступом потребно је дефинисати решења флексибилних коловозних конструкција денивелација (надвожњака и подвожњака) са асфалтним застором и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата која би се прилагодила будућим експлоатационим условима (20 године).

Предмет овог пројекта за грађевинску дозволу (ПГД) је димензионисање нове флексибилне коловозне конструкције денивелације градске саобраћајнице изнад и испод колосека (надвожњак и подвожњак), на стационажи km 177+857.22 пруге (Улица Косовска у Суботици).

Саобраћајница је намењена путничком и теретном саобраћају, док је основна намена сервисног пута повремени прелаз путничких и комуналних возила.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

Димензионисање нове коловозне конструкције и прорачун трајности референтних носећих слојева, обављено је поређењем хоризонталне дилатације затезања у доњем влакну асфалтног слоја, односно вертикалне дилатације притиска на постељици, добијене прорачуном вишеслојног еластичног система за случај коловозних конструкција за које важи претпоставка да су слојеви хомогени и изотропни у хоризонталном правцу у сваком слоју (програм "BISAR-Shell"), са дозвољеном вредности хоризонталне и вертикалне дилатације у складу са методом Shell-a.

3. ЗАХТЕВИ ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА

Предметни Пројектни задатак меродаван је када су у питању захтеви Инвеститора у вези са жељеним квалитетом. Пројектант се упућује на коришћење релевантне техничке докуметације која је у вези са локацијом предметног укрштаја и то:

- Идејни пројекат модернизације (ИДП), реконструкције и изградње пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), денивелисани укрштаји и девијације постојећих путева, књига 2/3-2. Пројекат коловозне конструкције, који је урадио је Саобраћајни Институт ЦИП д.о.о. 2020. године,

- Модернизација, реконструкције и изградње пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), Студија геотехничких истраживања и лабораторијских испитивања, коју је урадила фирма "Геомеханика" д.о.о. из Новог Сада, 2020. године (Инвеститор "CRDC").

Када су у питању захтеви Инвеститора, поред Пројектног задатка и наведене техничке документације, а у складу са предметним укрштајем, неоходно је уважити и обавезујуће закључке Републичке ревизионе комисије и то:

- На саобраћајним површинама са макадамским коловозом, коловозни застор затворити и учврстити ситнијом фракцијом

4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ

При изради појединих делова ове документације примењени су следећи стандарди:

SRPS U.C4.011/1990	-	Техничка документација. Пројекат коловозне конструкције
SRPS U.C4.010/1981	-	Одређивање укупног еквивалентног саобраћајног оптерећења
SRPS U.C4.015/1994	-	Димензионасање нових флексибилних коловозних конструкција
SRPS U.C4.016/1981	-	Климатски и хидролошки услови
SRPS U.B9.012/1981	-	Процена осетљивости коловозне на дејство мраза и техничке мере за спречавање оштећености
SRPS U.E1.010/1981	-	Земљани радови на изградњи путева- Технички услови за извршење
SRPS U.E1.012/1981	-	Осетљивост материјала-тла на дејство мраза
SRPS U.E4.014/1990	-	Израда хабајућег слоја од асфалтних бетона по врућем поступку- Технички услови
SRPS U.E8.010/1981	-	Носивост и равност на нивоу постељице
SRPS U.E9.020/1966	-	Класичне и савремене подлоге за путеве -Технички услови
SRPS U.E9.021/1986	-	Израда горњих носећих слојева од битуменизираног материјала по врућем поступку- Технички услови

као и следећи рачунарски програми:

• Обрада текста	WORD
• Анализа података	EXCEL
• Анализа напона и деформација	BISAR i BANDS 2 / 1998
• Цртежи	AutoCad 2004

5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Анализирани су следећи утицајни фактори:

Коловозна конструкција

- Геотехничке карактеристике терена - Геотехнички елаборат
- Хидрогеолошка својства терена
- Препоруке за обраду подтла
- Земљани труп (насип) - расположиви материјали и носивост

Очекивани експлоатациони услови

- будуће саобраћајно оптерећење
- климатки услови

5.1 Геотехничке карактеристике терена

За потребе израде пројектне документације, извршена су геотехничка истраживања унутар локације будућег денивелисаног укршатаја (надвожњака). Из слојева подтла урађена су потребна лабораторијска испитивања у циљу дефинисања физичко-механичких карактеристика евидентираних материјала.

Хумифицирано тло - Површински слој, органогени са присуством биљака и корења биљака. Неповољних карактеристика са аспекта дозвољеног оптерећење и реализације секундарних напона, па га стога не треба ангажовати као подтло коловозне конструкције (насипа) већ уклонити и заменити квалитетним материјалом. Дебљине 0.7m (просечно).

Прашина (лес) - Непосредно испод хумсног слоја, до дубине од 5.0 m, на целокупном истражном простору као подтло, појављује се преконсолидовани прашининасти седименти (лес), слабо песковити и глиновити, дробиви, ниске пластичности, светло браон до жуте боје, са порастом дубине (до 10 m) меканији, уз повећање присуства глиновитог материјала.

По USCS класификацији материјал спада у групу CL (ниско пластична глина). Предметни материјал у подтлу је осетљив на промену присуства воде. На основу свега наведеног закључујемо да је предметни материјал у подтлу лоших карактеристика носивости. У условима када се изградња и обрада завршних слојева обавља при стању повишене влаге није могуће обезбедити добру збијеност и носивост у време градње.

Ради провере осетљивости на дејство мраза локалног материјала у постељици одређена је осетљивост материјала на дејство мраза (према стандарду SRPS U.E1.012). На основу параметара индекса пластичности и учешћа честица мањих од 0.02 mm (у % масе), добијених геомеханичким испитивањима закључује материјал од кога се састоји постељица спада у категорију материјала Г4 (врло осетљив на дејство мраза).

5.2 Хидрогеолошка својства терена

Изведеним истраживањима на предметном простору, констатована подземна вода са нивоом од НПВ=3.5 – 4.0m.

5.3 Препоруке за обраду подтла

На локацији будућег укрштаја нова коловозна конструкција саобраћајнице положена је на високом насипу, односно на постојећем терену (подтлу) кад је у питању сервисна саобраћајница. Пре израде насипа неопходно је извршити најпре откоп, тј. уклањање површинског слоја хумуса дебљине просечно 1.1m. По уклањању површинског слоја тло се доводи у стање влажности која омогућује проходност грађевинских машина и оптималне услове збијања.

Пројектом се превиђа механичка стабилизација материјала (збијање) у подтлу. **Захтевани модул стишљивости након збијања слоја је Ms≥25MPa (модул деформабилности износи E_{V2}≥35MPa).** Збијање подтла се врши по претходно изравнатој површини терена. На површинама у којима се врши збијање и обрада подтла мора се осигурати адекватно одводњавање. Сходно важећим стандардима и критеријумима прописаним Општим техничким условима[1] вршити контролу квалитета материјала у подтлу и то:

- за насипе висине до 2.0m, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног), односно земљаног невезаног крупнозрног или мешовитог (некохерентног) тла мора бити Sz=98% од максималне суве запреминске тежине, одређене стандардним Proctor-овим поступком.

- за насипе висине преко 2.0m, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног), односно земљаног невезаног крупнозрног или мешовитог (некохерентног) тла мора бити Sz=95% од максималне суве запреминске тежине одређене по стандардном, Proctor-овом поступку

Како постоји ризик од инфилтрације воде у дужем временском периоду, тако постоји ризик од опадања носивости у дужем временском периоду. Тада је неопходно извршити допунске радове на унапређену носивости (употреба геотекстила - нетканог).

[1] *ТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ГРАЂЕЊЕ ПУТЕВА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ, Део 2: Посебни Технички услови, 2.2. Земљани радови, Тачка 2.2.3.4 - Квалитет израде, ЈП "Путеви Србије", Београд 2018,*

5.4 Анализа решења са употребом геотекстила (нетканог)

Узимајући у обзир горе наведено, као и због еколошког аспекта (смањења употребе шљунковитог материјала у постељици), пројектант се одлучио за примену геотекстилних материјала на контакту између земљаног трупа (подтло) и слоја од природно песковито шљунковитог агрегата и то:

- **Геотекстил (неткани)**

Применом геотекстила (нетканог) на контакту између подтла и слоја замењене постељице од рефулисаног (мајданског) песка спречавамо продирање финих честица из глиновите подлоге у слој замењене постељице уз равномерно одводњавање и капиларно подизање воде (сепарација и филтрација). Такође део вертикалног оптерећења преноси на влакна геотекстила у хоризонталном смислу, па за резултат имамо смањења притиска на подлогу и повећање модула деформабилности на тако припремљеном слоју. Неткани геотекстил треба да испуни следећа механичка и хидрауличка својства:

Табела 1: Геотекстил механичка и хидрауличка својства

Својства	Јединица мере	Минимални захтеви	Поступак за испитивање
Механичка својства			
чврстоћа при затезању попречно /уздужно	kN/m	>15	EN ISO 10319
деформација при кидању попречно /уздужно	%	>30	EN ISO 10319
Отпорност на пробод (CBR)	N	>2000	EN ISO 12236
Хидраулична својства			
коефицијент пропусности при 20 kPa	m/s	>10 $k_{земље}$	E DIN 60 500-4

5.5 Земљани труп (насип/постељица) - расположиви материјали и носивост

Сходно намени саобраћајних површина унутар комплекса захтев је обезбедити високу трајну носивост земљаног трупа. Основни захтеви које завршни слој земљаних радова мора да испуни су:

- Обезбеђење добрих услова грађења самог слоја постељице и наредних слојева коловозне конструкције.
- Потребан ниво квалитета и трајно механичко функционисање постељице током целокупног периода експлоатације сходно предвиђеном пројектном решењу.

Пројектно решење израде насипа (у складу са расположивм локалним материјалима) представља:

- **Насип (постељица) од рефулисаног или мајданског песка (из позајмишта). Песак мора бити ослобођен присуства глиновитих честица**

Физичко-механичка својства материјала (песка) и геотехнички услови изградње насипа (анализа стабилности косина и очекивана слегања подтла под оптерећењем насипа), дефинисани су у Геотехничком елаборату а у складу са предложеним нагибима косина дефинисаним у Идејном пројекту (ИДП).

Дебљина слојева који се насипају, мора бити прилагођена у складу с ефектом збијања, по дубини употребљеног средства за збијање и врстом насипаног материјала. Насип треба да се гради у слојевима од по 30-40 cm дебљине.

Привремена и трајна вредност носивост или носивост завршног слоја насипа од рефулисаног песка добијена током градње (контролисана опитом плочом према немачкој методи) исказана модулом деформабилности износи E_{V2}≥50MPa, а однос $E_{V2}/E_{V1} \leq 2.4$.

5.6 Анализа саобраћајног оптерећења

Подаци о достигнутим саобраћајним токовима и подаци о очекиваним саобраћајним токовима у планираном периоду експлоатације на предметној саобраћајници усвојени су на основу доступних података из Идејног пројекта коловозне конструкције (ИДП). У складу са напред изнетим, меродавно саобраћајно оптерећење од 80kN коришћено у прорачуну коловозне конструкције за експлоатациони период од 20 година усвојено је Идејног пројекта коловозне конструкције (ИДП) и оно износи:

$$ECO_{20\ година} = 4.5 \times 10^6 \text{ стандардних осовина од 80 kN}$$

Овакво саобраћајно оптерећење спада у **категорију тешког саобраћајног оптерећења** (према стандарду SRPS U.C4.010). **Наведена вредност служи као основа за даљу анализу.**

5.7 Климатски и хидролошки услови

Меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева

За сагледавање климатских услова, искоришћени су подаци о средњим месечним температурама ваздуха града Суботице и његове околине. Средње месечне температура ваздуха и асфалтних слојева за метеоролошку станицу Суботица за годишњи период од 1990-2019[2] приказане су:

Табела 2: Средње месечна температуре ваздуха – Суботица

Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.
0.3	1.5	6.3	12.0	17.4	21.1	22.8	22.3	16.9	11.5	6.1	0.9

Меродавна годишња температура ваздуха одређена по методи Shell лабораторије износи **w-MAAT=15.4°C,** а ефективна годишња температура асфалтних слојева је **Teff=22.8 °C**.

Референтни индекс мраза

Подаци о дубини дејства мраза (индекса мраза) у природном тлу и коловозним конструкцијама преузети су из Публикације о вредностима индекса мраза за главне метереолошке станице у Србији[3].

Подаци о индексу мраза усвојени су за најближу метеоролошку станицу (Суботица). Како су подаци за Суботица и околину, а предметна саобраћајница је ван утицаја града претпоставља се да је период дана са дневним температурама испод нуле нешто дужи, **усвојени (референтни) индекс мраза за 20-то годишњи пројектни период износи:**

IR=215^{0}Сдана

[2] *Метереолошки годишњак, Климатолошки подаци 1990-2019, Република Србија-Републички хидрометеоролошки завод*
[3] *Вредности индекса мраза за главне метереолошке станице у Србији у периоду 1992 – 2014 година, Михајловић, Н., Младеновић, Г. Пут и саобраћај, LXII/2016.*

6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

У захтевима Пројектног задатка је дефинисано да се за анализиране експлоатационе услове и пројектни период, изврши пројектовање следећих коловозних конструкција на локацији денивелисаног укрштаја испод колосека пруге и то:

- Флексибилна коловозне конструкције приступног пута - Коловозна конструкција са застором од асфалт бетона и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата.

Димензионисање нове коловозне конструкције и прорачун трајности референтних носећих слојева, обављено је поређењем хоризонталне дилатације затезања у доњем влакну асфалтног слоја, односно вертикалне дилатације притиска на постељици, добијене прорачуном вишеслојног еластичног система за случај коловозних конструкција за које важи претпоставка да су слојеви хомогени и изотропни у хоризонталном правцу у сваком слоју (програм "BISAR-Shell"), са дозвољеном вредности хоризонталне и вертикалне дилатације у складу са методом Shell-a[4].

Полазећи од:

- резултата анализа деструктивног утицаја прогнозираног саобраћајног оптерећења исказаног укупним бројем еквивалентних стандардних осовина и њихове агресивности за сваку врсту примењеног материјала у појединим слојевима и постељици

- референтних вредности фундаменталних механичких својстава (модул, замор) пројектованих материјала у сваком од слојева коловозне конструкције

- референтних климарских параметара.

Полазне претпоставке су:

- Постељица (завршни слој насипа) је од песка (рефулисаног или мајданског) дебљине dmin=30cm. Пројектована (трајна) вредност носивости изражена преко еластичног модула хомогеног полупростора је E=50MPa.

- Дебљине асфалтни слојева установљене су технолошким дебљинама асфалт бетона и битуменизираног носећег слоја.

[4] *Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1978.*

6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза

За израду слојева флексибилне коловозне конструкције, сходно саобраћајном оптерећењу и стандардима SRPS EN 933-1 и SRPS EN 13285 могуће је применити следеће слојеве:

- Доњи носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63 mm за пројектне дебљине слоја 20 - 30 cm
- Носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm за пројектне дебљине слоја 12 - 25 cm
- Битуменска мешавина за носећи слој БНС 22сА
- Битуменска мешавина за хабајући слој АБ11с

6.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина

Модули еластичности за нове асфалтне слојеве од класичних мешавина дефинисани су за просечни састав асфалтне мешавине дефинисан стандардима, као и досадашњом инжењерском праксом а у складу са методом Shell лабораторије за меродавну температуру у асфалтном слоју од 22°C и брзине кретања 40km/h. Потребно је користити класичан путни битумен B 50/70 у носећем слоју и полимер модификован битумен PmB 45/80-65 хабајућем слоју.

Вредности модула еластичности-крутости класичних асфалтних мешавина су **$E_{АБ11}$=3600MPa за хабајући слој од асфалт бетона АБ 11с** (Поасонов коефицијент ν=0.35) и **$E_{БНС22}$=4900MPa за битуменизирани носећи слој БНС 22сА** (Поасонов коефицијент ν=0.35).

6.3 Подлога од дробљеног каменог агрегата

Модул еластичности/повратни модул подлоге од невезаног каменог материјала је функција врсте каменог материјала, дебљине слоја H_i и модула еластичности постељице E_0:

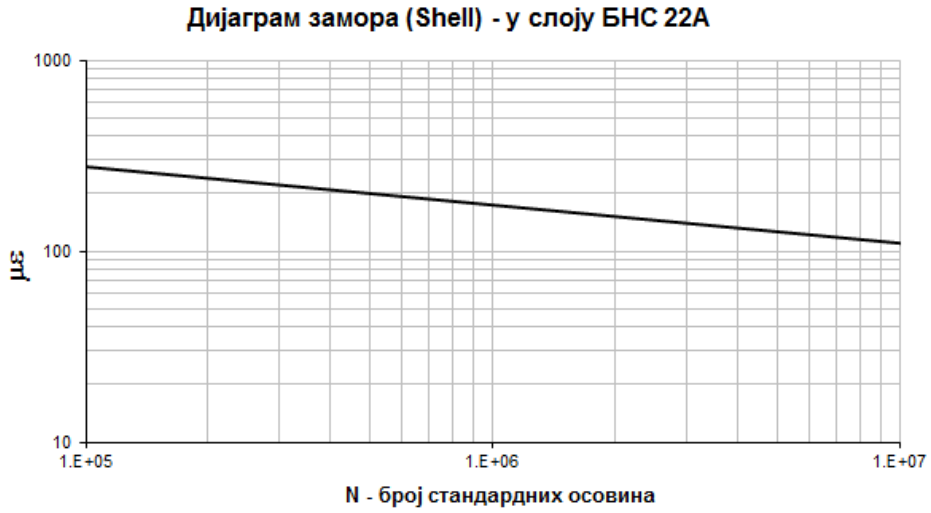
$$E_u = 0.20 \cdot H_i^{0.45} \cdot E_0 \text{ и } 2 < E_i / E_{i+1} < 4,$$ Поасонов коефицијент ν=0.40

6.4 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева на дејство поновљеног оптерећења

Носећи слој од битуменизираног агрегата

За носећи слој од битуменизираног агрегата (БНС) коришћен је закон замора по решењу SHELL лабораторије следеће параметре мечавине БНС 22сА и експлоатационе услове саобраћајног оптерећења:

- Модул меродавног слоја E = 4900MPa
- Саобраћајно оптерећење $ECO_{мер_20год}$ = 4.5 x 10^6 ст.осовина од 80 kN
- Запреминско учешће битумена у мешавини Vb = 8.4%



Слика 1: Дијаграм замора БНС-а слоја према Shell-u

па дозвољена деформација (хоризонтална дилатација) на дну слоја БНС 22сА, према једначини за замор асфалтне мешавине по моделу SHELL лабораторије износи:

$$\varepsilon_{доз\text{-}бнс} = 139\ \mu\varepsilon$$

6.5 Дефинисање прелиминарних решења

На основу урађених анализа дато је прелиминарна решење флексибилне коловозне конструкције денивелације градске саобраћајнице изнад и испод колосека (надвожњак и подвожњак), на стационажи km 177+857.22 пруге (улица Косовска у Суботици).

Нова флексибилна коловозна конструкција – градска саобраћајница

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса)
- постављање нетканог геотекстила
- постељица од рефулисаног (мајданског) песка d = 30 cm

Израда нових слојева коловозне конструкције

- слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63mm d = 30 cm
- слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm d= 20 cm
- слој од БНС 22сА (В 50/70) d= 6 cm
- слој од БНС 22сА (В 50/70) d= 6 cm
- хабајући слој од АБ11с (PmB 45/80-65) d= 4 cm

7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

За претпостављено решења извршена је напонско деформацијска анализа помоћу програма "BISAR-Shell". Основни критеријум за димензионисање је хоризонтална дилатација затезање у доњем влакну битуменом везаних слојева ($\varepsilon_{бнс}$), односно вертикалне дилатације притиска на постељици ($\varepsilon_{пост}$). Прекорачење $\varepsilon_{бнс}$ изазива пукотине у битуменом везаним слојевима, док прекорачење $\varepsilon_{пост}$ изазива трајне деформације услед преоптерећења постељице. Дебљине и параметризација слојева нове коловозне конструкције, извршени су у складу са усвојеним карактеристикама материјала и прелиминарним решењем приказаним у претходним тачкама. Параметри вишеслојног еластичног система су следећи:

Табела 3: Параметри вишеслојног еластичног система

Градска саобраћајница Нова флексибилна коловозна конструкција са асфалтним застором			
d (cm)	**Слој**	**E(MPa)**	**ν**
4	АБ 11с	3600	0.35
12	БНС 22сА	4900	0.35
20	Дробљени невезани камени агрегат 0/31 mm	350	0.40
30	Дробљени невезани камени агрегат 0/63 mm	150	0.40
	Постељица (насип) од песка	50	0.40

Прорачун је извршен за оптерећење од стандардне осовине од 80 kN које се преноси у 4 тачке, у складу са карактеристикама оптерећења стандардне осовине (два точка са оптерећењем од 20 kN сваки). Резултати прорачуна приказани су на сликама и у табели:

BISAR 3.0 - Block Report

Denivelisani ukrstaji _Pruga NS - SU

System 5: Gradska saobracajnica - kolovozna konstrukcija za asfaltnim zastorom

Structure

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio
1	0.040	3.600E+03	0.35
2	0.120	4.900E+03	0.35
3	0.200	3.500E+02	0.40
4	0.300	1.500E+02	0.40
5		5.000E+01	0.40

Loads

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)
1	1	0.000E+00	0.000E+00	4.000E-02
2	1	0.000E+00	-1.575E-01	4.000E-02
3	2	0.000E+00	0.000E+00	1.600E-01
4	2	0.000E+00	-1.575E-01	1.600E-01
5	3	0.000E+00	0.000E+00	3.600E-01
6	3	0.000E+00	-1.575E-01	3.600E-01
7	4	0.000E+00	0.000E+00	6.600E-01
8	4	0.000E+00	-1.575E-01	6.600E-01
9	5	0.000E+00	0.000E+00	6.600E-01
10	5	0.000E+00	-1.575E-01	6.600E-01

Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	-1.575E-01	0.000E+00
2	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	1.575E-01	0.000E+00

Position Number	Stresses XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	Stresses ZZ (MPa)	Strains XX µstrain	Strains YY µstrain	Strains ZZ µstrain	Displacements UX (µm)	Displacements UY (µm)	Displacements UZ (µm)
1	-3.527E-01	-3.635E-01	-2.383E-02	-6.031E+01	-6.436E+01	6.300E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.129E+02
2	-5.478E-01	-4.985E-01	-5.274E-01	-5.244E+01	-3.394E+01	-4.476E+01	0.000E+00	6.873E+00	4.095E+02
3	7.016E-01	4.064E-01	-7.801E-02	1.197E+02	3.840E+01	-9.506E+01	0.000E+00	0.000E+00	4.107E+02
4	7.716E-01	6.310E-01	-8.857E-02	1.187E+02	7.998E+01	-1.183E+02	0.000E+00	-9.493E+00	4.016E+02
5	4.795E-02	4.138E-02	-3.305E-02	1.275E+02	1.012E+02	-1.965E+02	0.000E+00	0.000E+00	3.719E+02
6	4.485E-02	3.752E-02	-3.058E-02	1.202E+02	9.088E+01	-1.815E+02	0.000E+00	-1.545E+01	3.630E+02
7	1.893E-02	1.801E-02	-1.260E-02	1.118E+02	1.032E+02	-1.825E+02	0.000E+00	0.000E+00	3.127E+02
8	1.806E-02	1.659E-02	-1.204E-02	1.083E+02	9.453E+01	-1.726E+02	0.000E+00	-1.579E+01	3.077E+02
9	7.127E-04	4.058E-04	-1.260E-02	1.118E+02	1.032E+02	-2.609E+02	0.000E+00	0.000E+00	3.127E+02
10	6.709E-04	1.804E-04	-1.204E-02	1.083E+02	9.453E+01	-2.475E+02	0.000E+00	-1.579E+01	3.077E+02

Слика 2: Прорачун напона и дилатација, гр. саобраћајница – оптерећење ст.осовине од 80kN

Прорачуном напона и дилатација утврђена је дилатација затезања савијањем у доњем влакну битуменом везаним слојевима (БНС 22сА). Дилатација затезања на дну асфалтног слоја под утицајем половине стандардне осовине од 80kN износи ε_{xx}=120μstrain, што одговара за 5.70x10^6 прелаза стандардних осовина од 80 kN, за ниво поузданости од 95%.

Из претходног следи да, имајући у виду пројектовано саобраћајно оптерећење од 4.5x10^6 стандардних осовина од 80 kN, пројектована коловозна конструкција локалног пута задовољава у погледу трајности (коректно димензионисана).

7.1 Анализа коловозне конструкције са аспекта дубине продирања мраза

Утицај мраза не сме утицати на смањење пројектног века коловозне конструкције, било да се ради о оштећењу коловоне конструкције директно као последица стварања ледених сочива или као последица смањења носивости постељице које је изазвано крављењем коловоза у пролетном периоду. Због тога се прорачун утицаја мраза на основној траси спроводи методом развијеном од стране француског истраживачког центра "LCPC-GEL1D".

Ова метода заснива се на међусобном поређењу референтне вредности атмосферског индекса мраза **IR** и атмосферског индекса мраза које пројектована конструкција може без оштетећења поднети **IA**. Овај индекс срачунат је у функцији осетљивости примењених материјала у постељици, термичке заштите коју обезбеђују слојеви коловозне конструкције и њеног механичког понашања.

Закључак о осетљивости конструкције на мраз доноси се провером услова да је:

IA >IR

Прорачун дозвољеног индекса IA заснива се на познавању следећих параметара:

- Термичка заштита постељице и тла, дефинисана као количина мраза Qng коју обезбеђују слојеви коловозне конструкције неосетљиви на мраз
- Количина мраза Qg којој се дозвољава преношење у слојеве постељице, уз услов прихватања бубрења од 5 mm
- Количина мраза Qm добијена из анализе механичког понашања коловозне конструкције срачунатог за услов ограничног оштећења конструкције у периоду крављења, односно продора одређене количине мраза у постељицу.

Збир ове три вредности дефинише дозвољену количину мраза на нивоу постељице Q_{PF}

$$\mathbf{Q_{PF} = Qng + Qg + Qm}$$

- Прорачун термичка заштита постељицеод коловозне конструкције (помоћу програма Alize GEL) даје индекс мраза на површини коловоза IS.
- Прорачун атмосферског (дозвољеног) индекса мраза IA = f (IS).

Сходно пројектном решењу коловозне конструкције извршена је провера пројектованих коловозне конструкција на мраз (подтло од нископластичне глине, средње до високе осетљивости на мраз).

Потребни термички коефицијенти и параметри за проверу коловозне конструкције на штетно дејство мраза (за случај SGt) приказани су у табели.

Табела 4: Термичке карактеристике материјала у коловозној конструкцији

Материјал	H (cm)	ρ (kg/m^3)	W (%)	λng (w/m.^{0}C)	λg (w/m.^{0}C)	ai	bi
						(^{0}C.дан)$^{1/2}$/cm	
Асфалт бетон	4	2350	1	2.00	2.10	0.008	0.06
Бит.носећи слој	12	2350	1	1.90	1.90	0.008	0.06
Дробљени камен	50	2200	4	1.80	2.00	0.008	0.10
Песак	30	1850	4	1.80	2.00	0.008	0.10
Постељица/подтло: Глиновита прашина		1300	32	1.10	2.00		

Количина мраза Qg за слој глиновите прашине високе осетљивости на мраз, за усвојене нагиба материјала p_{SGt}=0.40mm/(^{0}Схчас)$^{1/2}$износи:

$$\mathbf{Qg = 2.5\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Количина мраза Qm добијена анализом механичког понашања коловозне конструкцијеза услов ограничног оштећења конструкције и дебљине везаних слојева h_n<20cm износи:

$$\mathbf{Qm = 0\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Дозвољена количина мраза на нивоу постељицеQ_{PF}износи:

$$\mathbf{Q_{PF} = Qng + Qg + Qm = 2.5\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Сходно пројектном решењу коловозне конструкције и приказаним термичким карактеристикама за усвојене материјале добијамо индекс мраза на површини коловоза IS.

$$\mathbf{IS = 13.38\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

па вредност атмосферског индекса мраза IA срачуната помоћу програма Alize GEL износи:

$$\mathbf{IA = 266\ (^0Cхдан)^{1/2} > IR = 215\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Из претходног следи да, пројектована коловозна конструкција, за срачунате утицаје, није осетљива на дејство мраза.

8. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ

Решење је засновано на експлоатационим условима, односно на резултатима анализа и прорачуна приказаним у претходним тачкама ове пројектне документације. На основу урађених анализа, дато је пројектно решење флексибилне коловозне конструкције денивелације градске саобраћајнице (улица Косовкса у Суботици), изнад и испод колосека (надвожњак и подвожњак), на стационажи km 177+857.22 пруге, односно сервисне саобрћајнице и то:

Нова флексибилна коловозна конструкција – улица Косовска у Суботици

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 70 cm
- припрема (збијањем) подтла (E_{V2}≥35MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥25MPa)
- постављање нетканог геотекстила (сепарација и филтрација)
- израда постељице (насипа) од рефулисаног (или мајданског) песка (E_{V2}≥50MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥35MPa) dmin= 30cm

Израда нових слојева коловозне конструкције

- невезани дробљени камен 0/63mm (E_{V2}≥100MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥70MPa) d = 30 cm
- невезани дробљени камен 0/31mm (E_{V2}≥140MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥95MPa) d = 20 cm
- слој од БНС 22сА (В 50/70) d= 6 cm
- слој од БНС 22сА (В 50/70) d= 6 cm
- хабајући слој од АБ11с (PmB 45/80-65) d= 4 cm

Нова флексибилна коловозна конструкција – сервисна саобраћајница 1/2

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 40 cm
- припрема (збијањем) подтла (E_{V2}≥35MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥25MPa)
- постављање нетканог геотекстила (сепарација и филтрација)

Израда нових слојева коловозне конструкције

- невезани дробљени камен 0/63mm (E_{V2}≥80MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥55MPa) d = 20 cm
- невезани дробљени камен 0/31mm (E_{V2}≥100MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥70MPa) d = 15 cm
- слој од БНС 22А (ВТ 50/70) d= 6 cm
- хабајући слој од АБ11 (ВТ 50/70) d = 4 cm

Напомена 1: Пројектним решењем се предвиђа постављање Геотекстила (нетканог) на контакту између глиновитог подтла и постељице од рефулисаног (мајданског) песка.